

2015-07

# Reconversión de un edificio de oficinas en Guadalajara, Jal., para eficientar su consumo de electricidad

Labra-Ayala, Isidro

---

Labra-Ayala, I. (2015). Reconversión de un edificio de oficinas en Guadalajara, Jal., para eficientar su consumo de electricidad. Trabajo de obtención de grado, Maestría en Proyectos y Edificación Sustentable. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO.

Enlace directo al documento: <http://hdl.handle.net/11117/3064>

*Este documento obtenido del Repositorio Institucional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente se pone a disposición general bajo los términos y condiciones de la siguiente licencia:*

*<http://quijote.biblio.iteso.mx/licencias/CC-BY-NC-ND-2.5-MX.pdf>*

*(El documento empieza en la siguiente página)*

# ITESO, UNIVERSIDAD JESUITA DE GUADALAJARA

Reconocimiento de validez oficial por acuerdo secretarial número 15018 publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

## MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



Reconversión de un edificio de oficinas en Guadalajara, Jal.,  
para eficientar su consumo de electricidad

ESTUDIO DE CASO

Trabajo para obtener el grado de  
MAESTRO EN

PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta:  
Isidro Labra Ayala

Asesor: Óscar Humberto Castro Mercado

Tlaquepaque, Jalisco, a 14 de julio de 2015

## **Índice**

1. Antecedentes
2. Justificación
3. Objetivos
4. Marco teórico
5. Estado del arte
6. Descripción de la metodología
7. Desarrollo de la propuesta
  - 7.1 Descripción del caso de estudio
  - 7.2 Consumo eléctrico del caso de estudio
  - 7.3 Descripción de las propuestas
  - 7.4 Análisis costo beneficio
  - 7.5 Explicación del procedimiento
  - 7.6 ACB de las tres propuestas
8. Conclusiones
9. Recomendaciones
10. Índice de tables, gráficas e imágenes
11. Bibliografía
12. Fuentes de consulta

## **1. Antecedentes**

El presente trabajo trata sobre la reconversión de edificios de oficinas ya construidos para reducir su consumo de energía eléctrica. El edificio seleccionado como caso de estudio está ubicado en Av. Chapultepec # 113, en la ciudad de Guadalajara y está habitado por el Seguro Popular de la Secretaría de Salud Jalisco.

Este tipo de edificios generan impactos ambientales, sociales y económicos que resultan del diseño y construcción de envolventes completamente cerradas, que no responden adecuadamente al clima del lugar y por lo tanto requieren climatización artificial. Esta última provoca un mayor consumo de energía eléctrica de que podría tener de haberse edificado una envolvente que responda de mejor manera a su entorno, lo que provoca una mayor emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y una concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera que contribuye a incrementar el fenómeno del calentamiento global.

En nuestro medio persiste la adopción de modelos de diseño y construcción importados, que no se adaptan bien a nuestro entorno socio-cultural y medioambiental, lo que tiende a generar un microclima poco confortable dentro de los espacios de trabajo.

Desde el punto de vista ambiental, edificios con este tipo de envolventes tienden a generar un incremento de la temperatura tanto en el interior como en el exterior. Por ser fachadas acristaladas completamente expuestas permiten las excesivas ganancias de calor al interior pero también reflejan los rayos del sol hacia las superficies que los rodean y producen un mayor calentamiento en su entorno.

Desde un punto de vista social, estos edificios con envolvente cerrada no contribuyen al bienestar de sus usuarios. El ambiente artificial al que están sujetos los usuarios durante la jornada laboral y la falta de contacto con el medio ambiente natural reduce de diversas formas su bienestar y suelen tener un fuerte impacto en sus condiciones de salud. Un edificio demasiado hermético puede ser causa de enfermedades respiratorias que resultan de la concentración de aire viciado, enfriado y recirculado.

Este tipo de edificios se construyen con una envolvente muy hermética con el fin de controlar el microclima interior impactando negativamente en el confort y salud de sus usuarios. En cuanto al

confort, este tiene una relación directa con el medio ambiente y el ser humano, este es aquel que produce bienestar y comodidad, se da al ser indiferente al medio ambiente y al no sentir ninguna sensación agradable o desagradable.

Como resultado de problemas de salud y falta de confort es posible que el rendimiento laboral de los usuarios de este tipo de edificaciones se vea disminuido, lo que finalmente puede impactar en el abandono de su lugar de trabajo y en pérdidas para la institución para la que laboran.

Desde el punto de vista económico el excesivo gasto de energía por climatización artificial aumenta el gasto de operación y mantenimiento de este tipo de edificios. Este mayor consumo de energía obliga a que la Comisión Federal de Electricidad a: a) invertir en mayor capacidad instalada de generación de electricidad, y b) en virtud de que en nuestro país el consumo de electricidad esta subsidiado, dedicar mayor cantidad de recursos públicos al subsidio del consumo eléctrico.

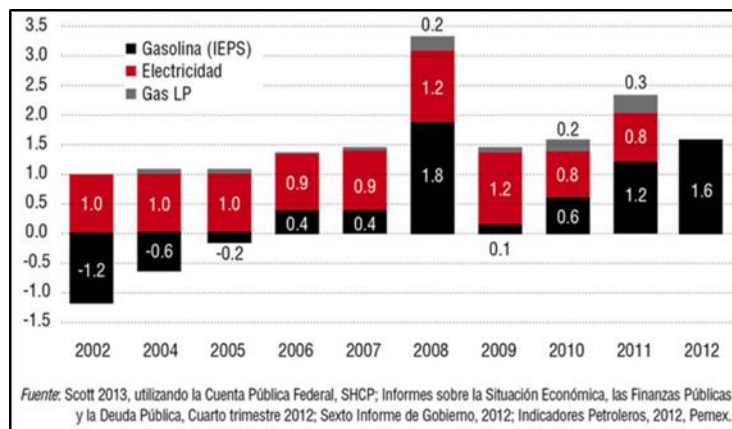
Según la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, los subsidios energéticos son altamente inefectivos y además minan la capacidad del Estado mexicano para cumplir con su función social que es un ahorro en el gasto de la población. Por un lado, generan múltiples costos ambientales, locales y globales, asociados al sobreconsumo de energéticos: enfermedades respiratorias, congestión vehicular, sobreexplotación de mantos acuíferos (subsidio eléctrico para bombeo en tierras de riego), contaminación por la extracción de hidrocarburos y el calentamiento global.

Lo anterior limita la capacidad del estado para invertir en investigación, educación, innovación tecnológica, seguridad, o sistemas de protección social y de salud más eficientes (Scott 2013).

Según el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), el Producto Interno Bruto (PIB), en México es de 18 billones de pesos y el de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final se ubicó en 304 mmp con 1.8% en el cuarto trimestre de 2014, por lo que el porcentaje destinado a subsidios de electricidad va en aumento, como antecedente tenemos la siguiente gráfica donde se observa que en años anteriores estaba en promedio del 1% del PIB. En 2012 alcanzó 223 mmp (INEGI, 2015).

Los recursos públicos que se han asignado a subsidiar el consumo de energéticos en 2006-2012 representaron un monto acumulado equivalente a 14% del producto interno bruto (PIB), de los

cuales 6.1% correspondieron a subsidios a gasolinas, 5.9% a electricidad y 0.9% a gas LP. (Scott 2013).



**Gráfica 1:** Subsidios energéticos como porcentaje del PIB (2002-2012)

Fuente: Scott, 2013.

Emitimos Gases de Efecto de Invernadero de manera directa cuando hacemos uso de combustibles, al quemar leña, gas o gasolina estamos liberando el carbono de esos combustibles y convirtiéndolo, junto con otros gases, en bióxido de carbono, principal gas de efecto de invernadero.

El utilizar electricidad también resulta en emisiones de gases de efecto de invernadero, esto porque un alto porcentaje de la electricidad se genera a partir de hidrocarburos como el petróleo, el carbón y el gas natural. En México, cerca del 80% de la generación de electricidad se realiza quemando hidrocarburos.

Un kilowatt-hora es lo que consume un foco de 100 Watts en 10 horas. Un kilowatt-hora de electricidad requiere de un tercio de litro de petróleo para ser generado. Quemar un litro de petróleo implica emitir cerca de un kilo de bióxido de carbono. Por lo tanto, el uso de un foco de 100 Watts por 100 horas resulta en la emisión de hasta tres kilos de bióxido de carbono. (INECC, 2015).

## **2. Justificación**

Existen edificios verticales comerciales y de servicios en México que no han sido construidos bajo la perspectiva de la sustentabilidad. Resulta prioritario identificar, ¿qué se puede hacer con los edificios que ya están construidos en materia de reducción de consumo de energéticos y disminución de impactos?

Los edificios ya construidos superan por mucho en número a los que están en proceso de construcción por lo que es importante su reconversión hacia la sustentabilidad y el ahorro energético.

La adaptación y modernización de un edificio debe diseñarse asegurando un buen desempeño de eficiencia energética, reduciendo costos de operación y mantenimiento, elementos que dan mayor valor al inmueble, así como ofreciendo un entorno saludable y confortable para las personas que usen o habiten el edificio.

Es importante mencionar que la reconversión de un edificio existente puede ser más rentable que la construcción de un nuevo edificio. Es importante considerar soluciones que permitan reducir el consumo de energía y su costo.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), cita el documento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), quien puntualizó que, a nivel mundial, los edificios son responsables del 40 por ciento del consumo anual de energía y hasta un 30 por ciento de todos los gases de efecto invernadero. (INECC, 2010).

El sector de la construcción es responsable de un tercio del consumo de recursos de la humanidad, incluyendo el 12% del consumo total de agua dulce, y produce hasta un 40% de nuestros residuos sólidos. El sector también emplea, en promedio, más del 10% de nuestra fuerza laboral. Con la creciente y rápida urbanización en los países más poblados del mundo, la construcción sustentable es esencial para lograr el desarrollo sustentable. (UNEP, 2011).

Cabe destacar que los datos que existen sobre el impacto ambiental de la construcción u operación de los edificios existentes en México son escasos. La Comisión para la Cooperación Ambiental del

Tratado de Libre Comercio para América del Norte (CCA), reporta que en nuestro país las edificaciones son responsables de:

- 17% del consumo total de energía,
- 5% del consumo total de agua,
- 25% del consumo total de electricidad,
- 20% de las emisiones de dióxido de carbono,
- 20% de los desechos generados.

Por su parte, la Iniciativa de Edificios Sostenibles y Clima del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente señala que los edificios generan el 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de nuestro país y que para 2050 las emisiones se podrían multiplicar 6.7 veces. (UNEP SBCI, 2009).

Con la implementación de políticas para reducir los impactos ambientales de los edificios se podría lograr reducir el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del sector residencial en un 63% con respecto a la línea base proyectada a 2050, además en el sector comercial podría reducirse considerablemente la intensidad energética entre un 60% y 75%.

Se deberá cambiar la mentalidad de la industria y de las estrategias económicas con la finalidad de que den prioridad al reciclaje ante la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales y fomentar la utilización de nuevas técnicas de edificación y energéticos en base a productos y energías renovables.

Desde una perspectiva de negocio, los beneficios que los inversionistas pueden obtener al convertir un edificio ya construido en sustentable están en que pueden reducir los costos de operación, incrementan su valor de renta. A grandes rasgos, lo que los inversionistas deben saber, sin importar si son desarrolladores u operadores, es que la alta eficiencia y desempeño de los edificios sustentables puede otorgar mayor valor a la propiedad.

Las mejores prácticas en el diseño de la envolvente y la iluminación pueden ahorrar al menos 40 % del uso total de energía del edificio y las malas prácticas lo pueden aumentar 90 %. Cuando se agregan los efectos de la selección del sistema de climatización, estas prácticas de diseño pueden



resultar en 50 % de ahorro y las peores prácticas conducen a un aumento de 60 y hasta 210 %, dependiendo del clima (CONUEE 2013).

Odón De Buen, Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) comenta que no diseñar adecuadamente la envolvente de un edificio tiene implicaciones económicas y ambientales y que, para un edificio de 10,000 m<sup>2</sup> con una vida útil de 30 años y 50 kWh/m<sup>2</sup>-año de consumo adicional de electricidad, genera casi una TonCO<sub>2</sub> por cada m<sup>2</sup> por año, o sea 9,000 TCO<sub>2</sub> adicionales a la atmósfera y por lo tanto le cuesta a quien lo usa \$100 por cada m<sup>2</sup> por año y 1 millón de pesos al año para el caso de este edificio de 10,000 mil m<sup>2</sup> y 30 millones de pesos adicionales en la vida útil del edificio.

El Ing. Odón de Buen pone como ejemplo El Palacio Legislativo de San Lázaro, cuya área de oficinas y recinto es superior a los 100,000 m<sup>2</sup> y su factura eléctrica es en promedio de 1.6 millones de pesos al mes y su consumo de energía mensual promedio es de 858,100 kWh. Un análisis simple hecho por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), estima que se puede reducir a la mitad el consumo de energía modernizando los sistemas de iluminación y aire acondicionado, con medidas que se pagan en períodos de 1 a 5 años.

Según datos de la Administración Pública Federal, CONUEE tiene registrados cerca de 7,000 edificios que comprenden una superficie de poco más de cerca de 17.5 millones de metros cuadrados y consumen cerca de 1,000 millones de kWh/año, en los edificios de oficinas representando estos el 56% del consumo ( CONUEE, 2013).

La Secretaría de Energía (SENER), tiene por misión “Conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional”. Fuente: <http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2624>

Por su lado, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, fué creada a través de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del 2008, y tiene como objetivo central promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

Tienen en marcha un plan estratégico de ahorro de energía

- Promover el uso eficiente de la energía en todos los sectores
- Brindar información a los consumidores finales sobre los beneficios del ahorro de energía
- Continuar con la normalización en eficiencia energética para mejorar la eficiencia de los equipos y sistemas que entran al mercado
- Obtener información sobre consumo de energía por sector y subsector
- Programa de la Administración Pública Federal
- Incorporación de criterios energéticos en la planeación urbana
- Apoyo al desarrollo de empresas intermediarias para el desarrollo de proyectos de ahorro de energía y de aprovechamiento de energías renovables.

Fuente: [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf)

En la sección de inmuebles de uso de oficina del Programa de Eficiencia Energética de la Administración Pública Federal, el Programa tiene como objetivo establecer un proceso de mejora continua que permita incrementar la eficiencia energética en las dependencias y entidades del Gobierno Federal, mediante la implantación de buenas prácticas e innovación tecnológica, así como la utilización de herramientas de operación, control y seguimiento, que contribuyan al uso eficiente y eficaz de los recursos públicos y contribuir a la preservación de los recursos energéticos y la ecología de la Nación (CONUEE, 2010).

Se estableció una meta de ahorro de energía del 3% para aquellos inmuebles de uso de oficina, propio o arrendado, que contaran con una superficie construida mayor a 1,000 metros cuadrados, un consumo superior a 50,000 kWh durante el año 2012, cuya facturación eléctrica no hubiese estado compartida con otro usuario, y con un Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE) mayor a 80 kWh/m<sup>2</sup> año.

Se establecieron instrumentos normativos

- normas oficiales mexicanas
- lineamientos
- decretos

Recomendaciones

- Acondicionamiento de aire

- Bombeo de agua
- Control de la demanda
- Elevadores
- Iluminación interior
- Iluminación exterior
- Instalaciones eléctricas
- Motores eléctricos

#### Herramientas

- Acondicionamiento de aire
- Cambio de tarifa eléctrica
- Control de la demanda
- Evaluación de desempeño energético en edificios
- Factor de potencia
- Iluminación interior

Para este trabajo las acciones anteriores de la CONUEE entran: a) acondicionamiento del aire, b) iluminación interior y exterior, c) instalaciones eléctricas, d) evaluación de desempeño eléctrico en edificios de oficinas (CONUEE, 2010).

### **3. Objetivos**

El presente trabajo tiene por objetivo general:

- Proponer alternativas de reconversión hacia la sustentabilidad de la envolvente de edificaciones verticales de uso comercial o de servicios en Guadalajara, Jal. para generar opciones que permitan eficientar su consumo eléctrico.

Sus objetivos particulares son:

- Identificar edificios como modelo para elaborar una metodología o procedimiento para evaluar los impactos de estas edificaciones y establecer si son susceptibles de mejora.
- Que esto pueda ofrecer un servicio profesional a instancias públicas o privadas.

#### **4. Marco teórico**

La sustentabilidad es un término ligado a la acción del hombre en relación a su entorno. Dentro de la disciplina ecológica, la sustentabilidad se refiere a los sistemas biológicos que pueden conservar la diversidad y la productividad a lo largo del tiempo.

Por otra parte está ligada al equilibrio de cualquier especie en particular con los recursos que se encuentran en su entorno. En 1987 año en que se elaboró el Informe Brundtland dentro de la acción de la Organización de Naciones Unidas, se definió dicho término como la capacidad de satisfacer necesidades de la generación humana actual sin que esto suponga la anulación de que las generaciones futuras también puedan satisfacer sus propias necesidades.

El concepto de desarrollo sustentable en su sentido más general, ha sido aceptado y apoyado ampliamente. Sin embargo, ha resultado más difícil el traducir este concepto en objetivos, programas y políticas prácticas alrededor de los cuales puedan unirse las naciones, debido a que éstas enfrentan circunstancias muy variables.

El marco conceptual del desarrollo sustentable presenta varias aproximaciones en función del enfoque disciplinario que la aborda. De este modo, para algunos lo importante es el uso de los recursos naturales renovables, de tal suerte que no los agote o degrade y devenga una reducción real de su utilidad renovable para las generaciones futuras, manteniendo constante los inventarios de recursos naturales.

El desarrollo no significa necesariamente crecimiento económico. El tipo de actividad económica puede cambiar sin incrementar la cantidad de bienes y servicios. Se dice que el crecimiento económico no es compatible con el desarrollo sustentable, sino que es necesario para mitigar la pobreza, generar los recursos para el desarrollo y prevenir la degradación ambiental. La cuestión es la calidad del crecimiento y cómo se distribuyen sus beneficios no sólo la mera expansión.

Con frecuencia, el desarrollo sustentable se define también como el desarrollo que mejora la atención de la salud, la educación y el bienestar social. Actualmente se admite que el desarrollo humano es decisivo para el desarrollo económico y por la rápida estabilización de la población.

Se ha extendido más la definición de desarrollo sustentable al incluir una rápida transformación de la base tecnológica de la civilización industrial; para la cual señalan que es necesario que la nueva

tecnología sea más limpia, de mayor rendimiento y ahorre recursos naturales a fin de poder reducir la contaminación, ayudar a estabilizar el clima y ajustar el crecimiento de la población y la actividad económica.

En el tema de los edificios sustentables, existe el término en inglés *retrofit*, el cual en general se refiere a los cambios de sistemas dentro de un edificio existente que representan una mejora o renovación, lo que a su vez constituye un mejoramiento en la eficiencia del edificio mismo, es decir, mejorar el rendimiento del edificio, también conocido como reconversión.

Este término está asociado también al de rehabilitación, siendo ésta la remodelación de un edificio que se mejora por encima y más allá de su condición inicial para hacerlo más eficiente energéticamente.

Este trabajo se ubica en la perspectiva de la sustentabilidad y la aplicación de técnicas y sistemas de ahorro energético y al aprovechamiento de áreas como azoteas en las cuales podemos aprovechar para hacerlas áreas verdes y lo mismo con muros interiores y de envolventes, haciendo una combinación de técnicas modernas y tradicionales.

Un mundo rural empobrecido, contrasta fuertemente con metrópolis relativamente ricas. En todo caso, se ha fortalecido una amplia capa de población media, empeñada en consolidar una posición socioeconómica duramente alcanzada y que recientemente se ha visto amenazada por las crisis económicas recurrentes que se viven.

Hoy se confronta la amenaza ambiental más crítica de la historia: deterioro del suelo, del agua y de los recursos marinos, esenciales para la producción alimentaria en ascenso. Contaminación atmosférica con efectos directos sobre la salud, pérdida de biodiversidad y su contribución a los daños a la capa de ozono y al cambio climático global. Simultáneamente, se encaran graves problemas humanos como la pobreza y el crecimiento demográfico incontrolado.

Un componente importante implícito en todas las definiciones de desarrollo sustentable se relaciona con la equidad para las generaciones por venir, cuyos intereses no están representados en los análisis económicos estándares ni en las fuerzas que desestiman el futuro, y la equidad para la gente que vive actualmente, que no tiene un acceso igual a los recursos naturales o a los bienes sociales y económicos.

Existe, en efecto, cierto conflicto entre ambos tipos de equidad. Mientras que por una parte se apunta que los problemas ambientales en los países en desarrollo no pueden resolverse sin mitigar la pobreza y demandar una redistribución de la riqueza o de los ingresos, tanto dentro de los países como entre las naciones ricas y pobres. Por otro lado, se enfatiza la equidad intergeneracional, la participación en el bienestar entre la gente de hoy y la del futuro y se concentra en la necesidad de reducir el consumo actual para proveer inversiones que formen recursos tales como conocimiento y tecnología para el futuro.

La visión de sustentabilidad de este trabajo en el apartado de edificación está en el empleo de sistemas y materiales normalizados y certificados por diversos organismos para contribuir a no impactar el ambiente, cuidando de ahorrar energía y reducir el mantenimiento y el desperdicio en la obra de edificación. En cuanto al aspecto social el mayor reto sería que el usuario tenga la cultura del ahorro de energía y el uso de sistemas y materiales nuevos y diferentes así como el manejo de los mismos.

La arquitectura sustentable es una de las disciplinas que buscan introducir nuevos sistemas e instalaciones dentro de los edificios para conseguir un uso racional del agua y la energía. Los edificios sustentables incorporan estrategias de proyecto con vistas al confort y el ahorro de energía eléctrica.

La opción es implementar distintas técnicas y alternativas hacia la sustentabilidad, en la edificación, ligado al ahorro de energía eléctrica, creando un edificio más sustentable y más eficiente. En la actualidad, en nuestro país, carecemos de una cultura del ahorro de energía, a la vez que desaprovechamos los más valiosos recursos que nuestro entorno nos ofrece; para así incorporar a nuestro quehacer arquitectónico, algunas de las diversas técnicas para el aprovechamiento de nuestras azoteas o cubiertas, así como envolventes para crear un edificio más eficiente.

El aprovechamiento de áreas de oportunidad hacia la sustentabilidad normalmente no aprovechadas para crear un edificio que contribuya al mejoramiento climático y el ahorro energético, va en proporción directa de cómo aprovechemos esas áreas y reutilicemos el agua de la lluvia, la ventilación natural, así como el adecuado manejo de residuos y utilización de materiales adecuados; estaremos contribuyendo al ahorro energético.

Es preciso preguntarse, ¿qué podemos hacer nosotros para resolver este problema? ¿Cómo podemos, de forma individual o colectiva, contrarrestar la contaminación y actuar a favor del ambiente natural restaurando el hábitat de nuestra ciudad? Una acción concreta y sencilla que podemos hacer es convertir la cubierta gris e igualmente las fachadas en un lugar verde y con vida. De esta forma contribuimos a lo siguiente: Mejorar la calidad de vida, volver a conectar al ser humano con la tierra y la naturaleza, reducir la contaminación atmosférica de las ciudades, crear un entorno sano y armónico y devolverle a la ciudad su vegetación y aumentar su flora y fauna.

Por lo tanto las edificaciones deben tener un enfoque sustentable con el fin de eficientar el ahorro de energía y la disminución del uso de los recursos no renovables, utilizar alternativas y soluciones más limpias y de mejor desempeño, para mitigar la afectación al medio ambiente y así no afectar a las generaciones futuras.

La diferencia entre aplicar tecnologías sustentables en nuevas construcciones a las existentes es que estas últimas representan un grado de dificultad mayor, ya que se trata de evaluar las condiciones en que fueron construidas, su nivel de deterioro y la reposición o sustitución de las nuevas tecnologías, en mucho de los casos no viables.



## 5. Estado del arte

Dado que los edificios consumen una cantidad significativa de energía y porque los edificios existentes representan el mayor segmento del entorno construido, es importante considerar soluciones que permitan reducir el consumo de energía y su costo.

En las ciudades europeas principalmente se promueve la reconversión de edificios existentes a aquellos edificios que fueron construidos con anterioridad a la aplicación de estas medidas de eficiencia y aquellos edificios que pueden ser rehabilitados para conservar o no su uso.

En Europa el índice de natalidad es bajo, la población crece lentamente por lo que sus habitantes requieren optimizar los recursos energéticos y así efficientar los impactos económicos y ambientales de sus edificios.

Existen varios métodos de evaluación ambiental a nivel mundial como: BRE Environmental Assessment Method (BREEAM) y Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) y en el país Vasco está IHOBE.

En México existen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), cuya finalidad es la de establecer las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales. Se han emitido (entre otras), la (NOM-008-ENER-2001), Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales y la (NOM-007-ENER-2014), Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Los sistemas de evaluación se caracterizan por evaluar el comportamiento ambiental de un edificio dándole una calificación o puntuación global final. Para ello, establecen una serie de indicadores o parámetros con los que medir cada edificio. La calificación final puede ser la suma directa de las puntuaciones parciales obtenidas o la suma ponderada. En cualquiera de los dos casos, la calificación final permite comparar los resultados obtenidos por diferentes edificios.

Estos sistemas de certificación ambiental tienen un conjunto de características comunes, las principales categorías de evaluación de estos sistemas son:

- energía
- agua
- atmósfera
- materiales
- residuos
- calidad de aire interior
- afecciones a la biodiversidad

A continuación se describe de manera breve cada uno de ellos:

BREEAM define un conjunto de procedimientos para medir, evaluar y ponderar los niveles de sustentabilidad de una edificación, tanto en fase de diseño como en fases de ejecución y mantenimiento, contemplando las particularidades propias de cada una de las principales tipologías de uso existentes. La evaluación se fundamenta en la obtención de una puntuación por el cumplimiento total o parcial de una serie de requisitos (entre 50 y 60) que BREEAM propone.

La puntuación máxima son 100 puntos y en función de la puntuación final obtenida por el edificio se obtiene una calificación que distingue 5 categorías:

- Pass: puntuación >30
- Good: puntuación >45
- Very Good: puntuación >55
- Excelent: puntuación >70
- Outstanding: puntuación >85

LEED es un programa de certificación voluntario creado por el Green Building Council de Estados Unidos (USGBC) que pretende reconocer edificios sostenibles de altas prestaciones, buscando estrategias punteras para el desarrollo sustentable.

En función de la puntuación final obtenida, el edificio puede optar a una de las cuatro categorías: del certificado: certificado, plata, oro y platino, según la siguiente escala:

- Certified: >40 puntos
- Silver: >50 puntos
- Gold: >60 puntos
- Platinum: >80 puntos

IHOBE es una sociedad consultora pública adscrita al departamento de medio ambiente y política territorial del gobierno Vasco y tiene como objetivo general extender la cultura de la sustentabilidad ambiental. Emite una etiqueta de calificación de sustentabilidad antes y después de la intervención del edificio.

Cada una de las certificaciones anteriores es adecuada dependiendo del edificio y el grado de intervención que requerirá. En mi caso me parece mejor opción IHOBE, por su metodología y alcances. En concreto, ofrece más diversidad de instrumentos de evaluación ambiental.

Su metodología se basa en siete pasos:

- 1.- **Preparación del proyecto:** Se establece el equipo del proyecto, se selecciona el producto a eficientar y se determinan los factores motivantes, recopilando toda aquella información que va a condicionar el desarrollo del proyecto.
- 2.- **Aspectos ambientales:** Se toma un producto de referencia y se determinan los aspectos ambientales. Se analizan las prioridades y por tanto los aspectos en los que debemos centrarnos para la mejora medioambiental de nuestro producto.
- 3.- **Ideas de mejora:** Con la información recopilada, se generan ideas de mejora para el producto, se priorizan y evalúan. Con todo esto, se genera el pliego de condiciones para el desarrollo del nuevo producto.
- 4.- **Desarrollo de conceptos:** Comienza el proceso de diseño del producto con el desarrollo de varias alternativas conceptuales. Se evalúan y se selecciona la definitiva. El nuevo producto ya tiene forma.
- 5.- **Producto en detalle:** Se definen todos los detalles para el nuevo producto: piezas, materiales, dimensiones exactas, fabricación.
- 6.- **Plan de acción:** Se definen las acciones de mejora a futuro para el producto y para la empresa, con el anclaje de la metodología en la propia empresa.
- 7.- **Evaluación:** Se define la campaña de lanzamiento para el nuevo producto y se evalúa el proyecto y sus resultados.

Para la elaboración de este trabajo, se tomaron en cuenta los siguientes casos analizados con base en distintos tipos de certificación internacional:

CASO	FOTOGRAFIA	PAIS	TIPO DE CERTIFICACION
1 Palacio de congresos de Europa		Vasco o Euskadi	IHOBE
2 Edificios del centro de Londres		Inglaterra	BREEAM
3 Universidad Nacional de la Plata		Argentina	LEED
4 Fortius Casa Hidalgo		México, (Guadalajara, Jalisco)	LEED
5 Edificio m 16, Expo CIHAC		México, (D.F.)	LEED
6 BASF		México, (D.F.)	LEED

**Tabla 1: Casos de estudio internacionales de edificios rehabilitados bajo parámetros de certificación**

Fuentes: 1) <http://blogvecinolisto.com/2014/02/13/jardin-vertical-para-palacio-de-congresos-europa-de-vitoria/>, 2) <http://www.arqhys.com/10-grandes-maravillas-de-la-arquitectura-moderna.html>, 3) <http://www.lettrap.com.ar/nota/2013-8-19-la-unlp-utilizara-energia-sustentable-para-abastecer-a-sus-edificios>, 4) [http://www.eaenergiarquitectura.com/proyecto\\_fortius-casa-hidalgo\\_27.htm](http://www.eaenergiarquitectura.com/proyecto_fortius-casa-hidalgo_27.htm), 5) [http://www.eaenergiarquitectura.com/proyecto\\_oficinas-corporativas-CIHAC-M16\\_17.htm](http://www.eaenergiarquitectura.com/proyecto_oficinas-corporativas-CIHAC-M16_17.htm), 6) <http://www.imcyc.com/revistacyt/abril2012/artportada.html>



Imagen 1: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz Remodelación del Palacio Europa. Fase II  
Fuente: <http://blogvecinolisto.com/2014/02/13/jardin-vertical-para-palacio-de-congresos-europa-de-vitoria/>

El Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz está ejecutando la reforma y ampliación del Palacio de Congresos Europa. La introducción de criterios ambientales y de sostenibilidad en este proyecto de rehabilitación está siendo posible gracias a la colaboración conjunta entre Ihobe y el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. El objetivo de la colaboración ha sido la de determinar las estrategias y acciones a seguir en la rehabilitación para reducir al máximo posible los impactos ambientales asociados al mismo y alcanzar los mejores niveles de sostenibilidad posible.

#### Resultados del proyecto

Las medidas de mejora del edificio adoptadas en la rehabilitación, contribuyen a una mejora considerable del comportamiento ambiental del mismo. Mediante esta actuación se demuestra que una rehabilitación sostenible es viable y que tiene efectos sociales, ambientales y económicos positivos en nuestros barrios y ciudades mejorando su habitabilidad, reduciendo su impacto ambiental y mejorando la integración social.

#### Inglaterra



Imagen 2: Edificios comerciales de Londres  
Fuente: <http://www.arqhys.com/10-grandes-maravillas-de-la-arquitectura-moderna.html>

Una opción para Londres es fomentar, a gran escala, modernizar la actividad en la forma que actualmente se está llevando. Sustitución de la iluminación comercial con LED y la adición de técnicas de ahorro de energía.

Este cambio ofrecerá oportunidades para que los desarrolladores construyan con más eficiencia energética durante la conversión.

## Argentina

La Universidad Nacional de La Plata (UNLP) será la primera institución de educación superior del país en utilizar energía sustentable para abastecer a sus edificios, con lo que logrará reducir los gastos de consumo eléctrico y aportar a la protección del medioambiente.



Imagen 3: Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Fuente: <http://www.lettrap.com.ar/nota/2013-8-19-la-unlp-utilizara-energia-sustentable-para-abastecer-a-sus-edificios>

La instalación de 72 paneles solares en la Facultad de Informática para el abastecimiento de energía será el punto de partida para una iniciativa que se extenderá a otras dependencias de la UNLP. Ahora, será pionera en el uso de este tipo de recursos renovables. Los paneles se instalarán en la terraza de la facultad sobre una estructura de hierro y generarán más del 20 por ciento de la energía mensual que utilizada.

## México

Fortius casa Hidalgo, Guadalajara, Jal.

Las oficinas de Fortius son parte de la historia de Guadalajara y de la actual colonia americana, en la calle Hidalgo y General Coronado.





Imagen 4: Fortius casa Hidalgo, Guadalajara, Jal.

Fuente: [http://www.eaenergiayarquitectura.com/proyecto\\_fortius-casa-hidalgo\\_27.htm](http://www.eaenergiayarquitectura.com/proyecto_fortius-casa-hidalgo_27.htm)

Fortius casa Hidalgo es un ambicioso proyecto de restauración que busca la Certificación LEED. No sólo cumple con los requisitos de conservación de

Patrimonio, sino que incorpora tecnología de última generación que hace de este edificio de oficinas corporativas un sitio ideal para mostrar logros en materia de sustentabilidad. Entre sus características más representativas, está el uso de energía renovable para cubrir un gran porcentaje de la demanda energética del edificio que de por sí es mínima. Sólo existen sistemas de climatización pasiva, es decir, no hay equipos de aire acondicionado ni calefacción. Los acabados interiores fueron cuidadosamente seleccionados para inhibir la volatilización de agentes nocivos para la salud humana y se preferenció la utilización de materiales regionales. Casi la totalidad de los residuos de obra fueron adecuadamente separados para su reciclaje.

Edificio M 16, México, D. F.

EL 13 de junio de 2011, el centro impulsor de la Construcción y la Habitación.A.C. (CIHAC) inauguro la nueva sede de sus oficinas centrales. En presencia de su presidente el Ing. Pablo Álvarez Treviño y el Secretario de Energía del Gobierno Federal, José Antonio Meade Kuribreña. El proyecto buscó convertir las antiguas instalaciones de CIHAC en un edificio de avanzada en materia de tecnologías sustentables y ahorro energético, que marcara nuevos parámetros en materia de edificación verde en nuestro país. “Con la creación de esta obra se abre la oportunidad de lograr la reconversión de las obras ya creadas y que puedan ser adaptadas a las tecnologías sustentables más modernas a nivel mundial”. El edificio original se hizo hace 36 años y era ya obsoleto, pero fue adaptado al siglo XXI. Las estrategias de reconversión sustentable del inmueble giraron en torno a tres ejes fundamentales: 1) tecnologías sustentables, 2) materiales y recursos, y 3) ubicación.



Imagen 5: Edificio M 16 antes

Fuente: [http://www.eaenergiayarquitectura.com/proyecto\\_oficinas-corporativas-CIHAC-M16\\_17.htm](http://www.eaenergiayarquitectura.com/proyecto_oficinas-corporativas-CIHAC-M16_17.htm)



Imagen 6: Edificio M 16 después

BASF, México, D. F.



Imagen 7: BASF, México, D. F.

Fuente: <http://www.imcyc.com/revistacyt/abril2012/artportada.html>



BASF, puso en marcha de la renovación de sus oficinas buscó que además de optimar los espacios interiores, fueran incrementados los estándares de calidad respecto al ambiente de trabajo.

Un edificio sustentable puede tener una enorme repercusión en varios aspectos ecológicos. Por ejemplo, si se reconvirtieran 100 edificios comerciales similares al año usando tecnologías como las que BASF ha implementado en su nuevo proyecto, se ahorrarían al menos 25 millones de kW/h, 170 millones de litros de agua y hasta 50 mil toneladas de CO<sub>2</sub>.



Imagen 8: BASF, México, D. F.

Fuente: <http://www.imcyc.com/revistacyt/abril2012/artportada.html>

Proyecto altamente sustentable, con el afán de promover también el concepto de la reconversión de edificios comerciales sustentables en México; siendo de esta manera un ejemplo que busca impulsar las ‘normas verdes’ de la construcción.

## 6. Descripción de la metodología

- Primeramente se eligió la zona de estudio que en este trabajo fue la Av. Chapultepec desde Av. Mexico hasta Av. Niños Héroes por contar con edificios de diferentes usos entre ellos, comerciales, de servicios u oficinas que son el objeto de este trabajo.
- Se realizó la selección de edificios, eliminando los que fueran habitacionales.
- Se hizo el registro fotográfico de 78 edificios de los cuales entraron en estudio 35, tanto por su giro como por su número de niveles.
- Se clasificaron estos 35 edificios por su promedio en niveles, dando entre 3 y 6 niveles.
- Se seleccionaron 5 de estos 35 tomando en cuenta el tipo de envoltente, estructura, muros, entresijos y áreas de mejora.
- De estos 5 edificios se hicieron cuestionarios a usuarios de distintos géneros, edades y puestos de trabajo sobre el tipo de climatización, ambiente laboral y su opinión sobre mejoras al edificio para eficientar su trabajo y confort.
- Con lo anterior se logró tener respuesta de un contacto del edificio habitado por el Seguro Popular de la Secretaría de Salud Jalisco, ubicado en Av. Chapultepec # 113, por ser el único que respondió y por ser el más adecuado a mi estudio.
- Se realizaron entrevistas con la persona designada, la cual me proporcionó información sobre el edificio y cada uno de sus niveles.
- Se elaboró una encuesta por cada piso del edificio para conocer: a) el número de personal, b) población flotante, c) número de computadoras, d) número de luminarias y su tipo y, e) número de unidades de climatización artificial y su tipo. El estudio se centró solo en aires acondicionados.
- Se inició con el levantamiento físico del edificio para la elaboración de planos arquitectónicos.
- Se recabaron los recibos de consumo de Comisión Federal de Electricidad de 2013 y 2014.
- Se graficaron los consumos por piso y por persona por piso de cada nivel del edificio.
- Se elaboraron propuestas de diseño de la envoltente para ver su mejora de eficiencia de consumo.
- Se elaboró un Análisis Costo Beneficio de cada propuesta para ver su factibilidad financiera y su tasa interna de retorno.

## 7. Desarrollo de la propuesta

### 7.1 Descripción del caso de estudio

El punto de partida de este trabajo es la rehabilitación de edificios de oficinas ya construidos, para reducir su consumo de energía eléctrica. El edificio seleccionado está ubicado en avenida Chapultepec # 113, en la ciudad de Guadalajara y está habitado por el Seguro Popular de la Secretaría de Salud Jalisco.

La elección de este edificio se hizo con base en una investigación de campo en los edificios de uso comercial, de servicios u oficinas, ubicados en avenida Chapultepec. En dicha avenida el número de niveles promedio de los edificios analizados es de entre tres y seis niveles. Es por esta razón que se eligió esta zona.

Con respecto a los criterios estructurales y de envoltente se observa el edificio 1 (caso de estudio), es el más adecuado por su tipo de envoltente y estado físico actual, mientras que los demás por razones de estructura: edificio 2 (molde de concreto), edificio 3 (muy deteriorado), edificio 4 (fachada de paneles de yeso), y edificio 5 ( paneles de fibrocemento). La intervención en estos últimos 4, sería poco rentable, por centrar mi estudio en la modificación de la envoltente y el uso de ventilación natural para disminuir el gasto de energía eléctrica.



Edificio 1

Edificio 2

Edificio 3

Edificio 4

Edificio 5

Imagen 9: Envoltente y estructura de los 5 edificios analizados para seleccionar el caso de estudio

Este edificio reúne las características de uso, tipo de envoltente y niveles promedio de la zona de estudio. La representatividad de este edificio se fundamenta con base en los resultados del estudio de campo comentado en la metodología antes descrita.

El edificio tiene un total de 1,271.60 m<sup>2</sup> de área de oficinas de los cinco niveles sin tomar en cuenta área de escaleras, elevadores y planta baja (de comercios), por ser el interior de oficinas nuestra área a estudiar.

Tiene una envolvente cerrada: al frente (oriente) es de cristal, la fachada posterior de mampostería y sus colindancias norte-sur con azoteas de vecinos igualmente cerradas, sus muros interiores son de mampostería y hoja de yeso y su estructura de concreto con entrepisos de losa aligerada del mismo material.

Por lo anterior es un caso para ser estudiado y ofrecer opciones de reconversión hacia la sustentabilidad y así eficientar su consumo de electricidad, (objetivo principal).

A continuación se presentan las fotos y planos del edificio:



Imagen 10: Fachada principal del edificio



Imagen 11: Vista lateral del edificio

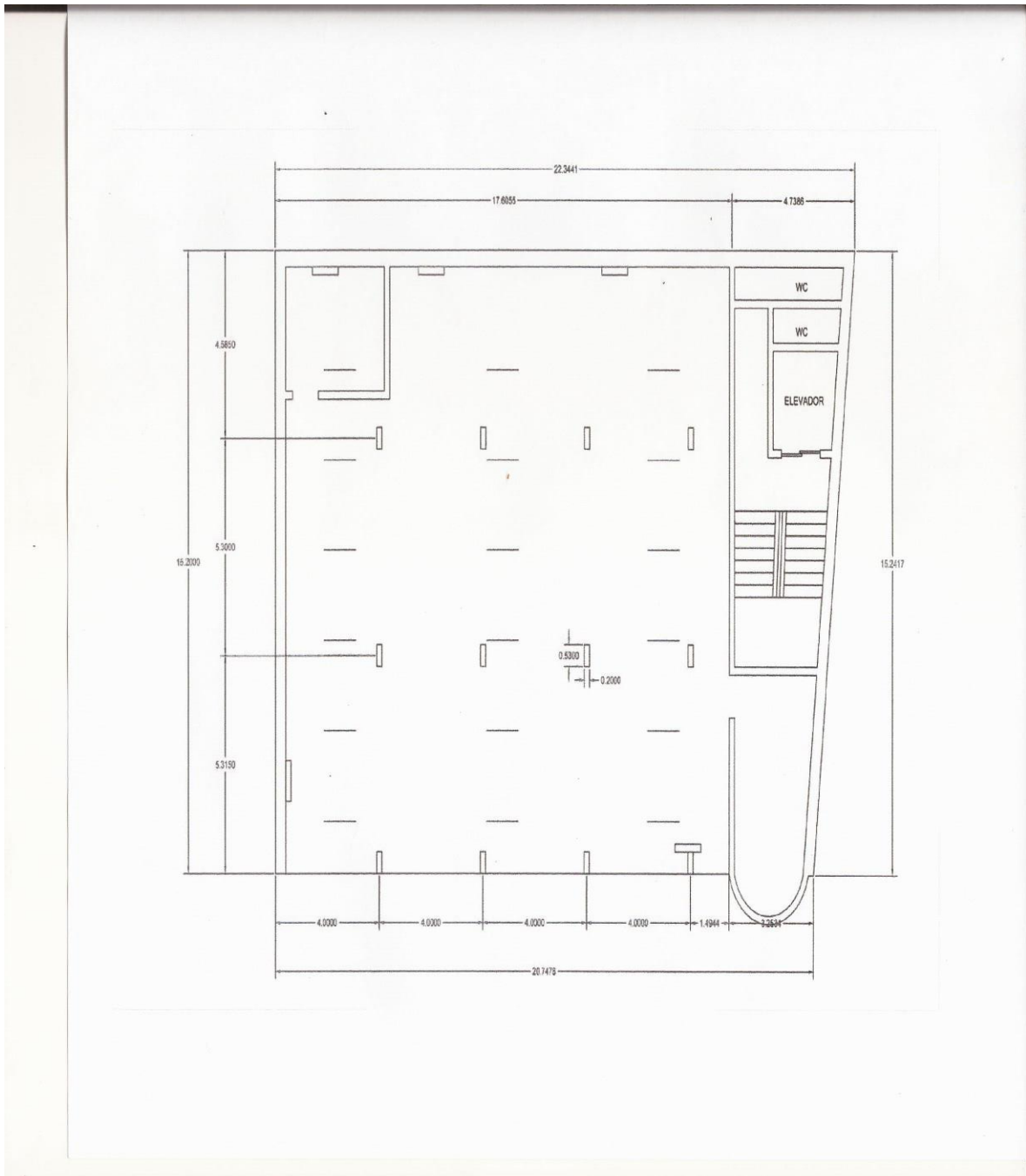


Imagen 12: Planta tipo.



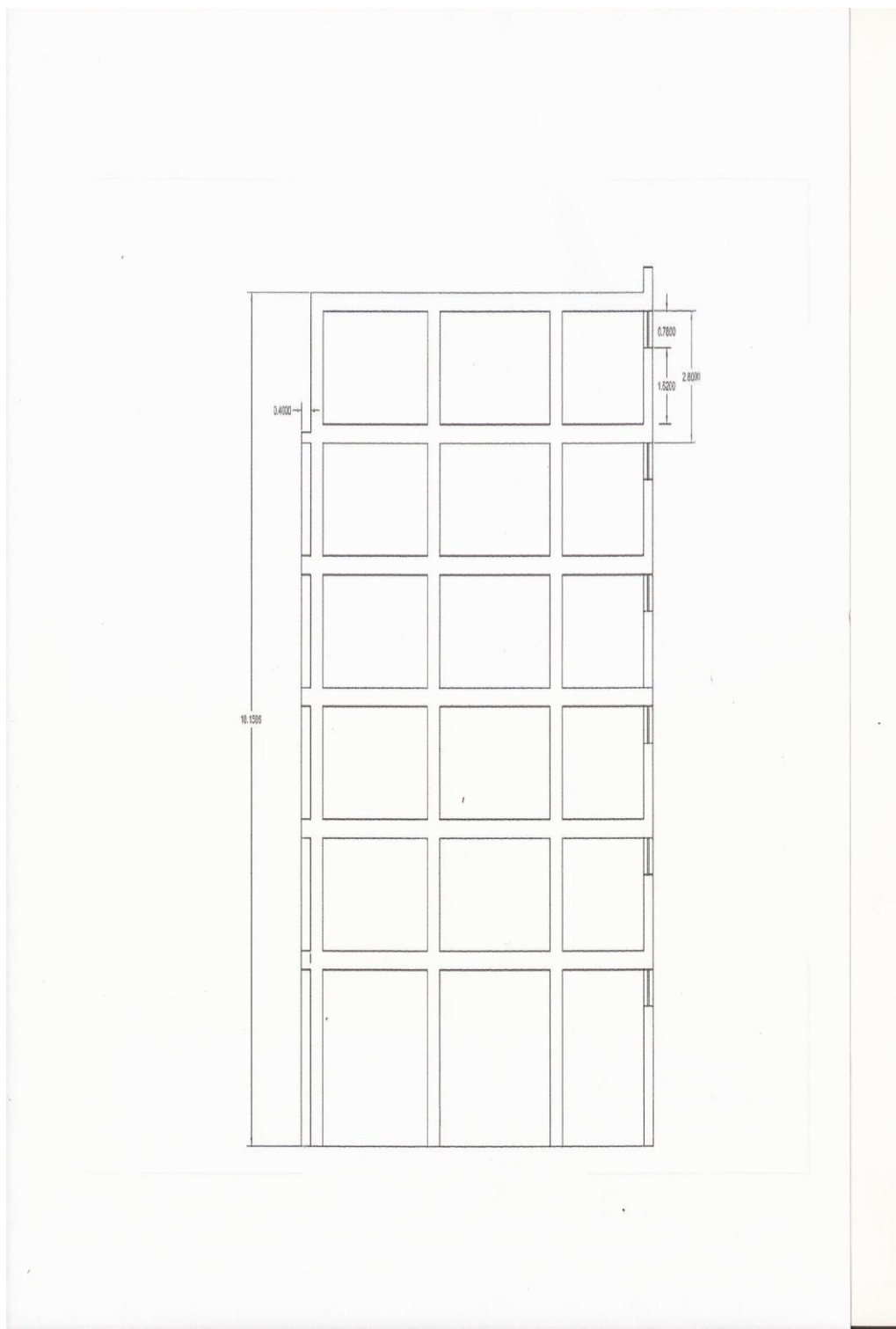


Imagen 13: Sección.

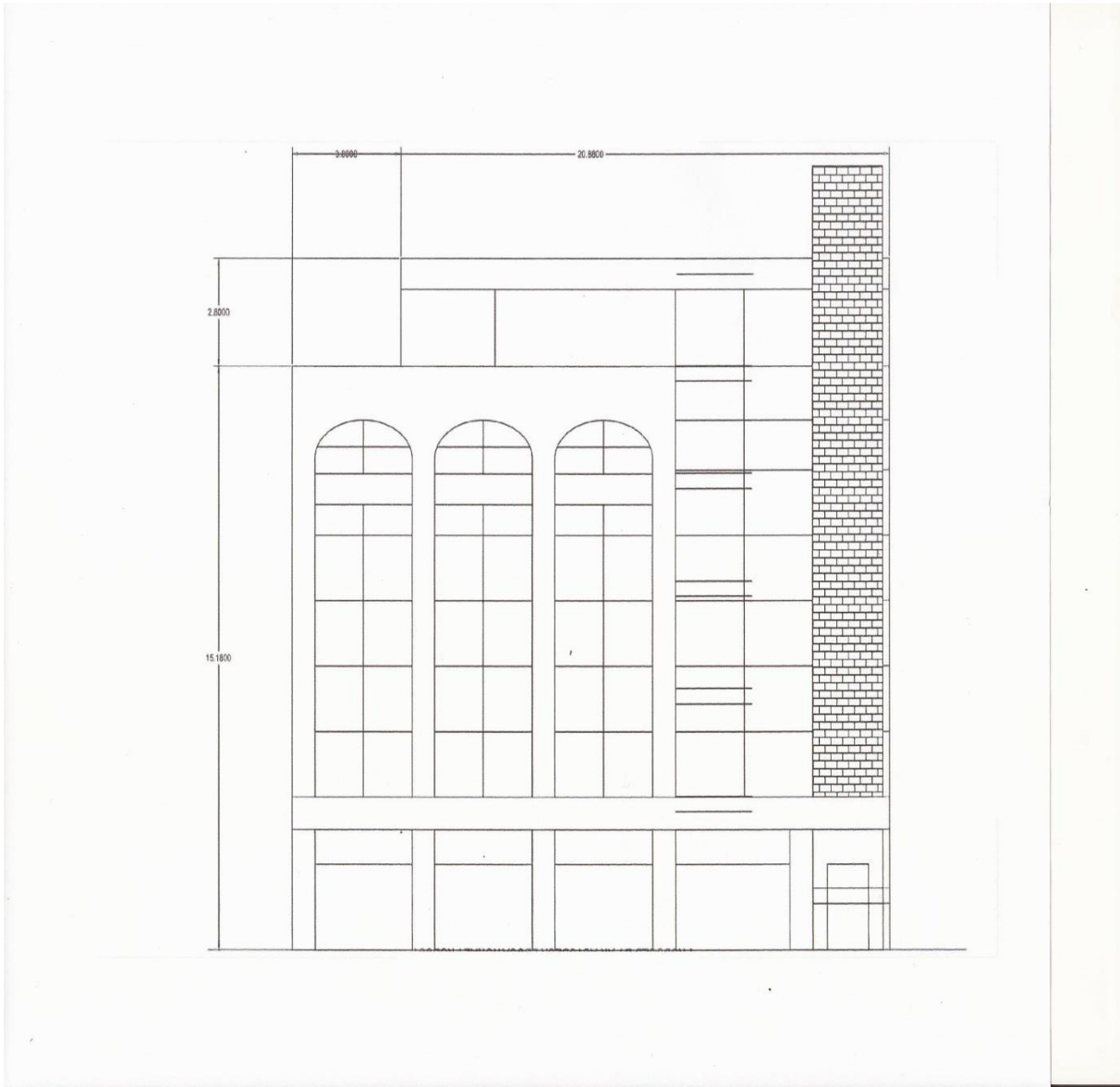


Imagen 14: Fachada principal.



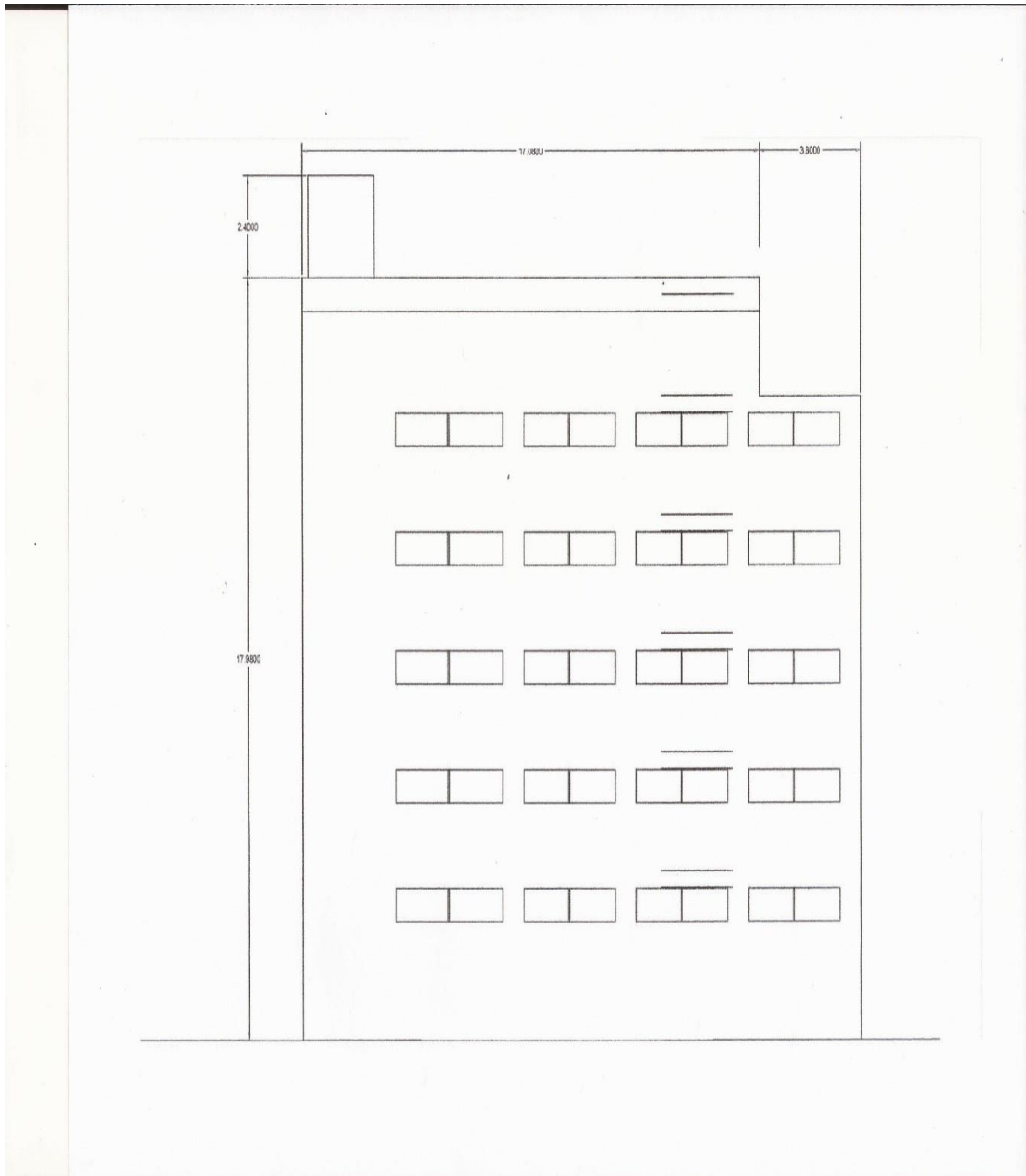


Imagen 15: Fachada posterior.

## 7.2 Consumo eléctrico del caso de estudio

A continuación se describen las características de cada piso, tipo de envolvente, número de personal y equipo eléctrico. Para este estudio se tomaron en cuenta solo las unidades de climatización por considerar que para la reconversión de este edificio son los aires acondicionados los que mayor impacto tienen en el consumo eléctrico, y la salud de sus habitantes. El consumo de las computadoras y las luminarias led son desestimados por su bajo consumo:

PISO	ENVOLVENTE	NÚMERO DE PERSONAL	EQUIPO ELECTRICICO
1	cristal y edificios vecinos	30	5 minisplits 2 aires acondicionados 22 computadoras 18 luminarias led
2	cristal y azotea de edificios vecinos	31	6 minisplits 31 computadoras 18 luminarias led
3	cristal y asoleamiento	13	5 minisplits 24 computadoras 18 luminarias led
4	cristal y asoleamiento	3	5 minisplits 18 luminarias led
5	cristal y asoleamiento lateral y en azotea	3	5 minisplits 6 computadoras 18 luminarias led
			<b>Total 28 unidades de climatización</b>

Tabla 2: Pisos del edificio y sus características

Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la administradora del edificio.

Los datos de consumo eléctrico de los años 2013 y 2014 de los cinco niveles se introdujeron en dos tablas de Excel, las cuales nos arrojaron igual número de gráficas que se analizaron de dos formas.

- Consumo por piso
- consumo por persona por piso

### **Condiciones meteorológicas en Guadalajara durante el periodo estudiado:**

En 2013 se tuvo en Guadalajara una temperatura anual máxima promedio de 28.2 °C, una temperatura anual media promedio de 18.2 °C, una temperatura anual mínima promedio de 13.5 °C y una precipitación anual de 1,062.8 mm.

En 2014, su temperatura anual máxima promedio fue de 28.3 °C, su temperatura anual media promedio de 20.8 °C, su temperatura anual mínima promedio de 13.3 °C, y su precipitación anual fue de 981.5 mm. (SMN.CONAGUA, 2015).

El escenario sobre el cambio climático a futuro para el estado de Jalisco es el siguiente:

Para 2020 se espera que la precipitación anual total disminuya entre un 5 y 10 % y su temperatura media anual aumentará entre 0.8 y 1.4 °C.

Para 2050 se espera que la precipitación anual total disminuya entre un 5 y 10 % y su temperatura media anual aumentará entre 1.5 y 2.5 °C. (INECC, 2015).

Se estima que si en México se adoptaran sistemas para evaluar la eficiencia energética de las edificaciones, se generaría una reducción en el consumo anual de energía del 70% en el sector habitacional y del 55% para el sector comercial para 2030. Esto equivale a la reducción de 102 megatoneladas de CO<sub>2</sub> para 2030, lo que ayudaría a reducir la generación de gases de efecto invernadero emitidos en México. (INECC, 2010).

El edificio tuvo en 2013 un consumo anual de 105,351 KWh el cual se incrementó a 108,804 KWh para el año 2014.

## **Consumos históricos de electricidad en el edificio entre 2013 y 2014**

El consumo total del edificio en los dos años fue de 214,155 KWh

Su consumo bimestral promedio por los dos años de 17,846 KWh.

El segundo piso presentó mayor consumo con 77,375 KWh. (consumo total por piso por dos años).

Este mismo presentó un consumo de 6,448 KWh. (consumo promedio bimestral por piso por dos años).

El cuarto piso presentó menor consumo con 11,418 KWh. (consumo total por piso por dos años)

Su consumo promedio por bimestre en este período fue de 951 KWh.

Explicación del consumo por piso del edificio

### **El segundo piso:**

Es el que presenta más variación y va desde los 3,373 hasta los 9,746 KWh, es el piso con mayor personal, mayor equipo y mayor número de visitantes, eleva su consumo por tener las azoteas vecinas a los lados. El efecto en su envolvente se debe a que los muros de las fachadas laterales son de mampostería y completamente cerrados por lo que se transmite el calor del sol de manera directa y de las azoteas vecinas. Tiene un consumo promedio antes de lluvias de 7,658 KWh., durante el verano de 6,870 KWh., y en invierno de 4,518 KWh. lo que indica que hay variación según la época del año. Su alto consumo se debe al servicio que presta, siendo el más activo a lo largo del año.

### **El cuarto piso:**

Es el que tiene menos consumo por no tener personal fijo ni equipo de cómputo, su variación de consumo va desde los 496 hasta los 1287 KWh, tiene un consumo promedio antes de lluvias de 1,168 KWh, promedio en verano de 1,121 KWh. y en invierno de 764 KWh. Hay que tener en consideración que su techo es la terraza de quinto piso y su envolvente es completamente cerrada, lo cual ocasiona bastante calor y por lo tanto el uso de climatización artificial.

### **El primer piso:**

Podría ser que por su ubicación y entorno se comporta de manera casi uniforme sin variaciones importantes, aun así su consumo ocupa el segundo lugar con respecto a los demás. Su consumo va

de los 4656 a los 6227 KWh. Al frente lo cubren los árboles, a los lados, edificios y al fondo asoleamiento, tiene un consumo promedio antes de lluvias de 5,670 KWh., durante el verano de 5,680 KWh. y en invierno: 5,122 KWh. La variación no es mucha debido a que ocupa tanto aire frío en verano como calefacción en invierno.

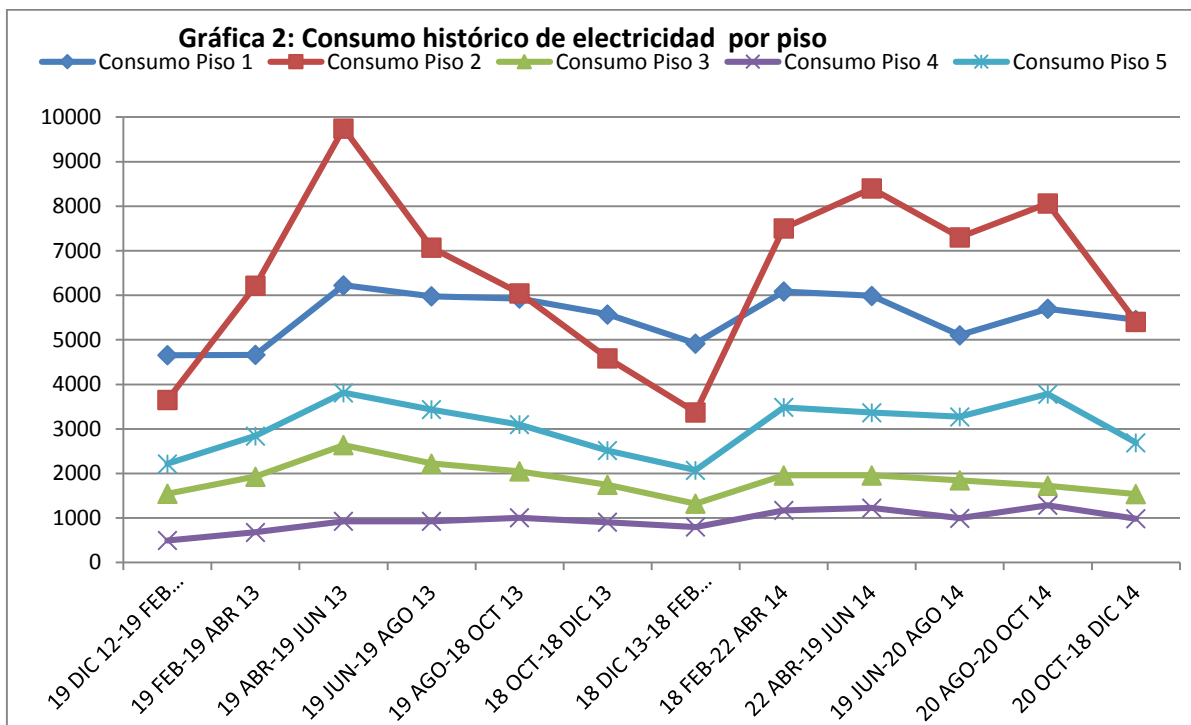
#### **El tercer piso:**

Por el número de personal, (13) y clase de servicio que presta (Dirección de Gestión), tiene relativamente un bajo consumo histórico, su consumo va desde los 1537 hasta los 2637 KWh, teniendo como consumo promedio antes de lluvias de 2,372 KWh, durante verano de 2,079 KWh y promedio en invierno de 1,618 KWh.

#### **El quinto piso:**

Siendo este piso el último nivel, tiene características diferentes. Azotea, terraza al frente y costado izquierdo, solo 3 personas de planta, y contiene la bodega de la dependencia, es el tercero en su consumo por piso, debido a la ubicación y características descritas anteriormente. Su consumo va desde los 2219 hasta los 3785 KWh, su promedio antes de lluvias es de 3,470 KWh., durante verano de 3,336 KWh. y en invierno tiene un consumo promedio de 2,485 KWh. Este piso cuenta con mayor número de unidades de climatización que personal por sus características de ubicación y por contener la bodega de archivo, a su vez cuenta con varias oficinas privadas y muros divisorios para las distintas actividades de su giro que es Dirección General. Otra razón del número de climatizadores es que la azotea y terraza lo hacen bastante caluroso por la incidencia de los rayos del sol, por estas razones tiene las características mencionadas.

Se expone la gráfica de lo descrito anteriormente:



Gráfica 2: Consumo histórico de electricidad en cada piso del edificio

Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la administradora del edificio

### Consumo por persona por piso:

En este análisis, el comportamiento del consumo del edificio varía con respecto a la gráfica anterior debido: a) número de personal que habita cada piso, b) al uso que se le da a cada uno de estos, c) el equipo que tienen en cada uno de estos pisos y, d) a la ubicación que tiene con su entorno.

El edificio tuvo en 2013 un consumo anual de 8,472 KWh el cual se incrementó a 9,088 KWh para el año 2014,

El consumo total del edificio en los dos años por persona por piso fue de 17,560 KWh

Su consumo bimestral promedio por los dos años por persona por piso fue de 1,418 KWh.

El quinto piso presentó mayor consumo con 6,781 KWh. (consumo total por persona por piso por dos años).

Este mismo presentó un consumo de 565 KWh. (consumo promedio bimestral por persona por piso por dos años).

El tercer piso presentó menor consumo con 1,730 KWh. (consumo total por persona por piso por dos años)

Su consumo promedio por bimestre en este período fue de 144 KWh.

Explicación del consumo por persona por piso del edificio

**El quinto piso:**

Por ser el último piso y contar con las características anteriormente descritas, es el que mayor consumo tiene el cual va desde 415 hasta 762 KWh, obtiene un decremento en su consumo en épocas decembrinas donde hay vacaciones y poca actividad, por lo que es el nivel con más consumo por persona por piso.

**El tercer piso:**

Debido a su número de personal y servicio que presta se mantiene con poca actividad, por lo que es el piso con menor consumo el cual va desde 119 hasta 203 KWh.

**El cuarto piso:**

Su consumo va desde 165 hasta 429 KWh, quizá se deba (pese a su casi nulo número de personal), a los equipos de climatización y el manejo inadecuado de los mismos. Sin embargo debido a esta razón, su consumo por persona por piso se eleva con respecto a los anteriores pisos analizados por que tiene arriba de él, la terraza del quinto piso.

**El segundo piso:**

Por su número de personal y actividad podría suponerse que mantiene una actividad estable pero con ciertas variaciones, ocupa el cuarto lugar en su consumo, el cual va desde los 118 hasta los 314 KWh.

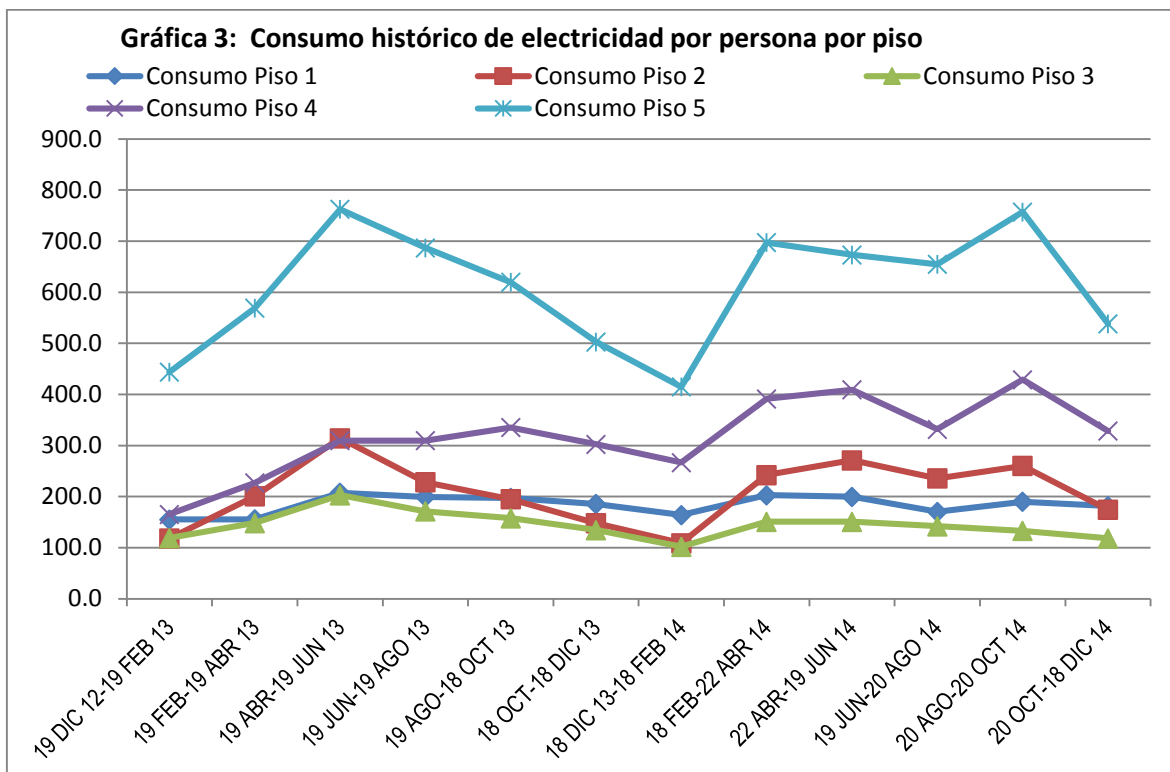
**El primer piso:**

Se puede suponer que debido al número de personal que lo habita, tiene un bajo consumo por persona por piso. Su consumo va desde 155 hasta 202 KWh.

Sobre el consumo por persona por piso, el piso con más consumo es el piso 5 con 6,781 KWh., con un consumo promedio de 565 KWh.

El piso con menos consumo es el piso 3 con 1,730 KWh., su consumo promedio es de 144 KWh.

Se expone la gráfica de lo descrito anteriormente:



Gráfica 3: Consumo de electricidad por persona por piso  
 Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la administradora del edificio.



### 7.3 Descripción de las propuestas

La finalidad principal de esta reconversión es controlar los impactos del ambiente tanto del exterior como en el interior, reflejar la energía solar, impedir el paso de la lluvia, disminuir el consumo eléctrico por el uso de climatización artificial y con esto elegir la opción más viable en con el fin de reducir de emisiones de CO<sub>2</sub>, la inversión financiera y el nivel de intervención del edificio por ser este habitado. A continuación se presentan imágenes reales de edificios con la aplicación de cada una de estas opciones, y las propuestas en el edificio estudiado.

De entre diez opciones: 1) celosía, 2) muro verde, 3) chimenea solar, 4) película profesional polarizada, 5) louver, 6) malla arquitectónica, 7) torre de viento, 8) ventilación mixta por las 4 fachadas, 9) cubierta ventilada, y 10) modificación integral de las fachadas.

De las anteriores se eligieron tres: a) Película polarizada de control solar, b) louvers y, c) malla arquitectónica por ser las más viables y menos invasivas al edificio en servicio.

#### **Película polarizada de control solar**



Imagen 16: Película polarizada de control solar

Fuente: <http://www.archiproducts.com/es/productos/122990/sunguard-solar-vidrio-de-control-solar-flotado-sunguard-solar-silver-grey-32-guardian.html>



Imagen 17: Fachada principal

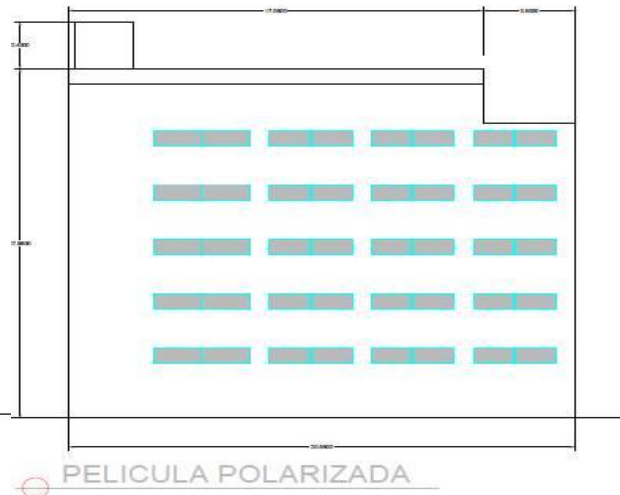


Imagen 18: Fachada posterior

Las películas polarizadas profesionales reducen hasta un 78% el ingreso de calor y brillo ocasionados por el sol, disminuyendo además el 99% de los rayos UV. Desde película metalizada con un máximo rechazo de energía solar, hasta películas de control solar transparentes que reducen el 97% de los rayos infrarrojos sin alterar la visión ni la imagen exterior.

La ventaja de estas es que son económicas y fáciles de instalar.

Una desventaja de este tipo de solución es que en el interior, (en el caso de envolventes completamente cerradas), no contribuye a la ventilación natural y continua el uso de clima artificial, por lo tanto el aire que respiran los usuarios no es sano y esto atrae enfermedades respiratorias, y su vida útil promedio es de 5 años, por lo que se tendría que reinvertir al concluir ese tiempo. Si se creara ventilación por medio de ventanas corredizas o abatibles no se podría controlar su uso y al abrirlas se incrementaría el uso de los climatizadores.

## Louvers



Imagen 19: Louvers

Fuente: <http://www.persianassabadell.com/celosias/>



Imagen 20: Fachada principal

Imagen 21: Sección



Imagen 22: Detalle de Louver

Fuente:

[http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Fachadas/Defensas\\_de\\_exteriores/Celosias/Celosi\\_a\\_de\\_lamas.html](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fachadas/Defensas_de_exteriores/Celosias/Celosi_a_de_lamas.html)

Las lamas (louvers), actúan como un gigantesco parasol, que no sólo protege al edificio y a su interior de la radiación solar, sino que además puede regular su intensidad, con lo que combinadas con el sistema de climatización ayudan para proporcionar confort térmico al interior del edificio. Según su disposición y color, pueden reflejar hasta el 80% de la energía solar recibida y reducir hasta un 30% los costos de refrigeración. Se utiliza un 40% de material reciclado.

Un louver es un conjunto de elementos fijos o ajustables, generalmente paralelos y equidistantes, que restringen o permiten el flujo de aire, agua, sonido, etc.

Las rejillas louver para fachadas, tienen muchas ventajas además de ser muy agradables desde el punto de vista estético, reducen el porcentaje de los rayos solares que inciden en las ventanas y vidrios de los edificios, lo cual disminuye el consumo de energía asociada a los aires acondicionados que normalmente se utilizan en este tipo de construcciones, y que representan un costo anual muy importante. Además de esto, el material de fabricación, que es normalmente aluminio, es muy ligero, y cuando se recubre adecuadamente con pintura en polvo a base de polyester, proporciona una vida útil muy larga, evitando gastos de mantenimiento en las fachadas. Cuando son seleccionados e instalados correctamente, debido al ángulo que presentan hacia el cielo, reducen también significativamente la cantidad de agua que cae en las ventanas durante la lluvia, con lo cual disminuye la frecuencia del lavado de los vidrios, lo cual también representa un ahorro.

Los louvers son elementos arquitectónicos que agregan un alto valor estético a la edificación, mientras que ofrecen claras ventajas en sus proyectos como lo son:

- Diferentes grados de control de solar dependiendo del diseño.
- Favorecen el flujo de aire natural.
- Brindan protección solar.
- Protege las vistas del exterior.
- Tienen un alto impacto visual.
- Ayudan a mejorar el aislamiento acústico de edificios.
- Control térmico de la temperatura en su aplicación como fachadas ventiladas,
- Variedad de modelos disponible con acabados tanto lacados, anodizados o de tipo imitaciones madera.
- Evita en diferentes grados y dependiendo del diseño la entrada de agua de lluvia.
- Fácil montaje en obra.
- Alta durabilidad.
- Bajo peso que favorece su aplicación en la renovación de fachadas.

La naturaleza estructural de los louvers bloquea físicamente el paso de la luz en ángulos superiores al ángulo de apantallamiento. En aplicaciones horizontales a 90° con formas curvas la superficie del louver refleja la luz en ángulos iguales o menores que el ángulo de apantallamiento, favoreciendo la iluminación e impidiendo el deslumbramiento durante la mayor parte del día

El louver puede ser instalado en posición horizontal o vertical en virtud de las necesidades de estética o de control solar, convirtiéndose esta última, en la elección ideal para áreas donde la comodidad visual y el control térmico son importantes.

Además producen una fachada ventilada creando en el interior un ambiente agradable y sano, reduciendo el uso de climatización artificial.

La reorientación de la luz natural por efecto de la instalación de louvers en las fachadas logra disminuir el uso de la iluminación artificial, colaborando con el control de las ganancias de calor y reduciendo el consumo energético, contribuyendo así a la arquitectura sustentable.

Unas desventajas es que impiden en cierto grado la visibilidad hacia el exterior, y se tendrían que mantener limpias para que estéticamente luzcan bien.

.



## Malla arquitectónica



Imagen 23: Malla Arquitectónica

Fuente: [https://www.flickr.com/photos/consorcio\\_march/4192874941/](https://www.flickr.com/photos/consorcio_march/4192874941/)



Imagen 24: Fachada principal

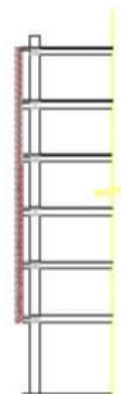


Imagen 25: Sección

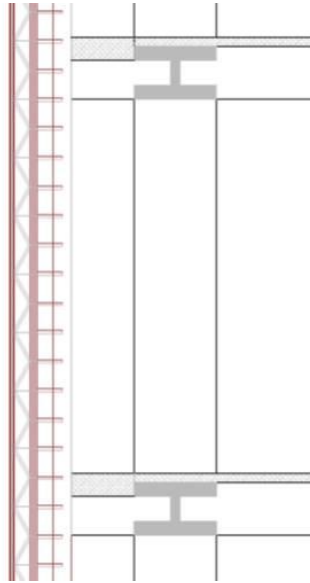


Imagen 26: Detalle sujeción de malla

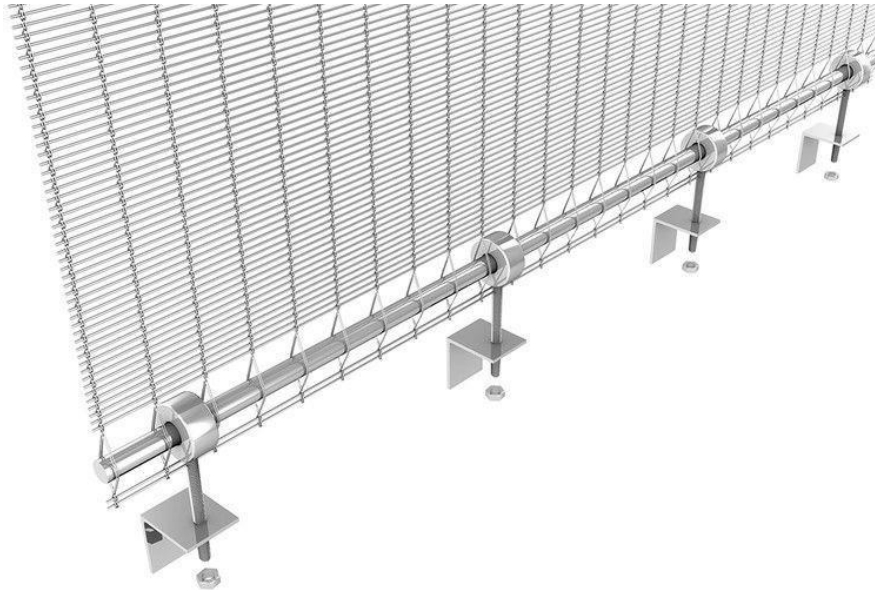


Imagen 27: Sistema de fijación de malla Arquitectónica, Fuente:  
<http://www.archiexpo.it/prod/marianitech/product-64749-1572302.html>

Las mallas arquitectónicas para fachadas en acero inoxidable aportan una gran resistencia a la corrosión, además de permitir resolver fachadas con envolvente cerrada, permitiendo crear una fachada ventilada.

También pueden ayudar al control solar del edificio hasta en un 90% respetando la estética del mismo, dependiendo del tipo y entramado de la malla.

Las mallas arquitectónicas se adaptan a todo tipo de diseños y edificios, aportando una nueva imagen a las fachadas de doble piel, vienen siendo aplicadas habitualmente en edificios de oficinas, escuelas, museos, hoteles, centros deportivos, aparcamientos, etc.

Las mallas metálicas compensan las influencias climáticas, térmicas, energéticas y acústicas ejercidas sobre los edificios, reduciendo los gastos de operación y mantenimiento.

En su calidad de protección visual y antisolar, el material controla eficientemente la incidencia de luz y en su calidad de membrana climática proporciona un decisivo potencial de economía para el dimensionamiento de los sistemas de aire acondicionado.

Los revestimientos de fachadas con mallas de resisten incluso los huracanes y reducen las altas presiones del viento de tal modo que permiten optimizar la estática de las fachadas de vidrio que se encuentran detrás.

Los edificios donde mayor aplicación de estas envolventes se ha realizado son edificios no residenciales. Entre los efectos que anuncian los fabricantes de las mallas arquitectónicas sobre vidrios, es su impacto sobre la iluminación natural, con promoción del filtrado de la luz solar a modo de proveer de confort visual, particularmente de evitar el deslumbramiento por la incidencia de la luz solar directa, evitando el excesivo consumo de energía.

La envolvente de un edificio separa el interior del exterior y además actúa como interfaz entre el edificio y el medio urbano, (fachada de doble piel).

Sus funciones más importantes son proteger de los agentes climáticos (frío, calor, lluvia y viento) y crear un ambiente acogedor. Como parte de esta envolvente, la fachada es tanto la cara pública de



un edificio como un elemento del medio urbano. Tienen la ventaja de crear una fachada que refleja parte del interior, manteniendo su privacidad y confort.

Son principalmente hechas con acero inoxidable lo que facilita el mantenimiento, normalmente solo deben ser lavada a con agua a presión y no necesitan ser pintadas o recubiertas para su protección.

La durabilidad es otra ventaja, pues son resistentes a las modificaciones por temperatura y por impactos. Un producto amigable con el medio ambiente; el acero es un material altamente reciclable en cualquiera de sus formas; hojas, alambres, barras, entre otras.

La desventaja es su costo que en comparación con las otras 2 opciones es más alto.

## 7.4 Análisis costo beneficio

El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad,

Los objetivos como los tomadores de decisión pueden ser de naturaleza privada, donde el objetivo es obtener una rentabilidad financiera positiva o pública, donde el objetivo principal suele ser un incremento en el bienestar de la sociedad que representa. En este caso se lleva en cuenta la rentabilidad económica y social de las alternativas.

El objetivo en este caso es medioambiental, puesto que la finalidad es mejorar el clima, la calidad del aire en el interior, el consumo de electricidad y el bienestar de los usuarios del edificio, modificar la envolvente de la manera más conveniente.

Identificar y agrupar correctamente las alternativas, aún que solo haya una (en este caso tres).

Existe la posibilidad de que se presente malas alternativas, y la menos mala será la escogida, lo que no significa que es la mejor.

Identificación de los tipos de costos y beneficios:

ACB Financiero: Tiene como objetivo la maximización de la rentabilidad del capital invertido. El análisis es más fácil, ya que las variables que influyen sobre la inversión están mejor definidas.

ACB Social: Tiene como objetivo maximizar el bienestar social. En contraste con la rentabilidad del capital, el bienestar social es un parámetro que carece de una definición clara.

Además, sobre el nivel de bienestar pueden influir diferentes variables dependiendo de cómo este esté definido.

Una forma bastante eficaz de averiguar si las variables relevantes fueran tomadas en cuenta es a través de una encuesta con el público para saber quién está en contra y quién apoya la alternativa, y luego analizar el porqué. (Estas encuestas se elaboraron en el presente trabajo)

En la práctica lo que se hace es cambiar una de las variables en un porcentaje y observar como esto afectaría la rentabilidad de la inversión.

Así se puede calcular la elasticidad de respuesta de la rentabilidad ante un cambio de una cierta variable. Las variables más elásticas son las denominadas críticas. Una vez identificadas las variables críticas quizás sea interesante obtener mayores informaciones a respecto de ella. Y justo en este punto está la diferencia entre riesgo e incertidumbre.

## 7.5 Explicación del procedimiento:

- Se tomó el precio del KWh de los recibos de consumo
- Se sumó el total de unidades de aire del edificio
- Se investigó la potencia en KW de las unidades
- Se tomó el consumo de 10 hrs. de trabajo diarias por 5 días a la semana por 4 semanas del mes por 12 meses del año. Así trabajan 2,400 hrs. anuales.
- 28 por .5 por 2,400 = 33,600 KWh
- Lo anterior fue multiplicado por el porcentaje de ahorro de cada propuesta

### Variables para el ACB

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
precio KWh 2015 (tomado de los recibos de C.F.E.)	\$2.99	pesos
tasa de descuento gamma (valor actual de pago a futuro)	4.00%	porcentual
inflación anual (proyectada)	4.00%	porcentual
minisplits y aire acondicionado (del edificio)	28.00	piezas
minisplits y aire acondicionado: Potencia promedio	0.50	KW
minisplits y aire acondicionado: trabajo por año	2400.00	horas
minisplits y A/C: consumo energético anual total	33,600.00	KWh
		Porcentual (energía solar rechazada)
película: Eficiencia Reducción consumo energético	30%	
película: Ahorro de consumo edificio	10080.00	KWh
película: costo total de colocación	\$90,000.00	pesos
louver: Eficiencia Reducción consumo energético	60%	porcentual
louver: Ahorro de consumo edificio	20160.00	KWh
louver: costo total de colocación	\$390,000.00	pesos
mallá: Eficiencia Reducción consumo energético	80%	porcentual
mallá: Ahorro de consumo edificio	26880.00	KWh
mallá: costo total de colocación	\$475,000.00	pesos

Tabla 3: Elaboración propia: Variables para el ACB

## 7.6 ACB de las tres propuestas

- g) La inversión se proyectó a 15 años para ver en cuanto tiempo se recupera la inversión. ( la proyección climática se expuso en la página 32)
- h) El valor presente es: La Reducción del valor futuro de un activo al valor presente basado en el simples hecho de que se ha pasado el tiempo.
- i) La inversión se recupera en 3 años.
- j) El TIR es: La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión.

		PELICULA					
AÑOS		PRECIO KWH	AHORRO	VP AHORRO	GASTOS	VP GASTOS	BALANCE
					\$90,000.00	\$90,000.00	-\$90,000.00
1	2016	\$3.17	\$31,947.55	\$30,718.80	\$0.00	\$0.00	-\$59,281.20
2	2017	\$3.36	\$33,864.41	\$31,309.55	\$0.00	\$0.00	-\$27,971.65
3	2018	\$3.56	\$35,896.27	\$31,911.65	\$0.00	\$0.00	\$3,940.00
4	2019	\$3.77	\$38,050.05	\$32,525.34	\$0.00	\$0.00	\$36,465.34
5	2020	\$4.00	\$40,333.05	\$33,150.83	\$120,440.30	\$98,993.15	-\$29,376.99
6	2021	\$4.24	\$42,753.03	\$33,788.34	\$0.00	\$0.00	\$4,411.36
7	2022	\$4.50	\$45,318.21	\$34,438.12	\$0.00	\$0.00	\$38,849.47
8	2023	\$4.77	\$48,037.31	\$35,100.39	\$0.00	\$0.00	\$73,949.86
9	2024	\$5.05	\$50,919.54	\$35,775.40	\$0.00	\$0.00	\$109,725.26
10	2025	\$5.35	\$53,974.72	\$36,463.38	\$161,176.29	\$108,884.93	\$37,303.71
11	2026	\$5.68	\$57,213.20	\$37,164.60	\$0.00	\$0.00	\$74,468.32
12	2027	\$6.02	\$60,645.99	\$37,879.31	\$0.00	\$0.00	\$112,347.63
13	2028	\$6.38	\$64,284.75	\$38,607.76	\$0.00	\$0.00	\$150,955.38
14	2029	\$6.76	\$68,141.84	\$39,350.21	\$0.00	\$0.00	\$190,305.59
15	2030	\$7.17	\$72,230.35	\$40,106.95	\$215,690.24	\$119,765.13	\$110,647.41
		VPN	AHORRO	\$528,290.62	GASTOS	\$417,643.21	
		TIR a 15 años	17%				

Tabla 4: ACB Película polarizada  
Fuente: Elaboración propia

		LOUVER			
AÑOS		PRECIO KWH	AHORRO	valor presente	BALANCE
					-\$390,000.00
1	2016	\$3.17	\$63,895.10	\$61,437.60	-\$328,562.40
2	2017	\$3.36	\$67,728.81	\$62,619.09	-\$265,943.31
3	2018	\$3.56	\$71,792.54	\$63,823.31	-\$202,120.00
4	2019	\$3.77	\$76,100.09	\$65,050.68	-\$137,069.33
5	2020	\$4.00	\$80,666.10	\$66,301.65	-\$70,767.67
6	2021	\$4.24	\$85,506.06	\$67,576.68	-\$3,190.99
7	2022	\$4.50	\$90,636.43	\$68,876.23	\$65,685.24
8	2023	\$4.77	\$96,074.61	\$70,200.78	\$135,886.02
9	2024	\$5.05	\$101,839.09	\$71,550.79	\$207,436.81
10	2025	\$5.35	\$107,949.43	\$72,926.77	\$280,363.58
11	2026	\$5.68	\$114,426.40	\$74,329.21	\$354,692.79
12	2027	\$6.02	\$121,291.98	\$75,758.62	\$430,451.41
13	2028	\$6.38	\$128,569.50	\$77,215.51	\$507,666.92
14	2029	\$6.76	\$136,283.67	\$78,700.43	\$586,367.34
15	2030	\$7.17	\$144,460.69	\$80,213.90	\$666,581.24
				TIR a 15 años	8%

Tabla 5: Louver ACB  
Fuente: Elaboración propia:

		MALLA ARQUITECTONICA			
AÑOS		PRECIO KWH	AHORRO	valor presente	BALANCE
					-\$475,000.00
1	2016	\$3.17	\$85,193.47	\$81,916.80	-\$393,083.20
2	2017	\$3.36	\$90,305.08	\$83,492.12	-\$309,591.08
3	2018	\$3.56	\$95,723.39	\$85,097.74	-\$224,493.34
4	2019	\$3.77	\$101,466.79	\$86,734.24	-\$137,759.10
5	2020	\$4.00	\$107,554.80	\$88,402.20	-\$49,356.90
6	2021	\$4.24	\$114,008.08	\$90,102.24	\$40,745.35
7	2022	\$4.50	\$120,848.57	\$91,834.98	\$132,580.33
8	2023	\$4.77	\$128,099.48	\$93,601.04	\$226,181.36
9	2024	\$5.05	\$135,785.45	\$95,401.06	\$321,582.42
10	2025	\$5.35	\$143,932.58	\$97,235.69	\$418,818.11
11	2026	\$5.68	\$152,568.53	\$99,105.61	\$517,923.72
12	2027	\$6.02	\$161,722.65	\$101,011.49	\$618,935.21
13	2028	\$6.38	\$171,426.00	\$102,954.02	\$721,889.22
14	2029	\$6.76	\$181,711.56	\$104,933.90	\$826,823.13
15	2030	\$7.17	\$192,614.26	\$106,951.86	\$933,774.99
				TIR a 15 años	11%

Tabla 6: Malla Arquitectónica ACB  
Fuente: Elaboración propia

## 8. Conclusiones

- El comportamiento del consumo eléctrico de este edificio sugiere que este varía dependiendo del nivel de piso y de la exposición de la envolvente, pero también depende del número de usuarios y el uso que estos den al edificio.
- En cuanto a las propuestas de fachada, parece que la más económica, (película polarizada), no es precisamente la mejor opción porque no resuelve el clima interior y en el período de 15 años se tendría que invertir tres veces, puesto que la vida útil de esta es de cinco años y no resuelve el clima interior al no tener la fachada ventilada.
- Respecto al análisis costo beneficio, es una mejor opción la malla arquitectónica, porque nos otorga mejores resultados ambientales, estéticos y aunque la inversión es mayor, a mediano o largo plazo, los beneficios de ofrecer una fachada ventilada, la calidad estética y nulo mantenimiento, lo respaldan.
- La información anterior sugiere que hay áreas de oportunidad para intervenir edificios con el fin de efectuar mejoras enfocadas hacia el ahorro en el consumo de electricidad, y entonces reducir el impacto ambiental y económico que estos representan, cuando no están diseñados adecuadamente.
- La reconversión de edificios significa aprovechar aquellos ya construidos y hacerlos sustentables, con esta práctica se contribuye a la preservación del medioambiente.

## 9. Recomendaciones

- Es importante realizar encuestas previas a intervenir un edificio para su reconversión.
- Se debe tomar en cuenta la edad del edificio, y su estado físico actual.
- Es prioritario promover la reconversión de edificios y así no hacer más uso del suelo.
- Se recomienda la rehabilitación mediante el aislamiento térmico y la mejora de la envolvente considerando un ahorro y máximo beneficio para el usuario/propietario del edificio, y tiene, además, una gran repercusión en la sociedad en términos económicos y medioambientales.

## 10. Índice de tablas, gráficas e imágenes

Tabla 1.	Casos de estudio internacionales de edificios rehabilitados bajo parámetros de certificación	Pág. 18
Tabla 2.	Pisos del edificio y sus características	Pág. 32
Tabla 3.	Variables para el ACB	Pág. 49
Tabla 4.	ACB Película polarizada	Pág. 50
Tabla 5.	Louver ACB	Pág. 51
Tabla 6.	Malla Arquitectónica ACB	Pág. 51
Gráfica 1.	Subsidios energéticos como porcentaje del PIB (2002-2012)	Pág. 4
Gráfica 2.	Consumo histórico de electricidad en cada piso del edificio	Pág. 36
Gráfica 3.	Consumo de electricidad por persona por piso	Pág. 38
Imagen 1.	Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz Remodelación del Palacio Europa. Fase II	Pág. 19
Imagen 2.	Edificios comerciales de Londres	Pág. 19
Imagen 3.	Universidad Nacional de La Plata (UNLP)	Pág. 20
Imagen 4.	Fortius casa Hidalgo, Guadalajara, Jal.	Pág. 21
Imagen 5.	Edificio M 16 antes	Pág. 22
Imagen 6.	Edificio M 16 después	Pág. 22
Imagen 7.	BASF, México, D. F.	Pág. 22
Imagen 8.	BASF, México, D. F.	Pág. 23
Imagen 9.	Envoltorio y estructura de los 5 edificios analizados para seleccionar el caso de estudio	Pág. 25
Imagen 10.	Fachada principal del edificio	Pág. 26
Imagen 11.	Vista lateral del edificio	Pág. 27
Imagen 12.	Planta tipo	Pág. 28
Imagen 13.	Sección	Pág. 29
Imagen 14.	Fachada principal	Pág. 30
Imagen 15.	Fachada posterior	Pág. 31
Imagen 16.	Película polarizada de control solar	Pág. 39
Imagen 17.	Fachada principal con película polarizada	Pág. 40
Imagen 18.	Fachada posterior con película polarizada	Pág. 40
Imagen 19.	Louvers	Pág. 41
Imagen 20.	Fachada principal con louver ala de avión	Pág. 41
Imagen 21.	Sección con louver ala de avión	Pág. 41
Imagen 22.	Detalle de Louver	Pág. 42
Imagen 23.	Malla Arquitectónica	Pág. 44
Imagen 24.	Fachada principal con malla metálica	Pág. 44
Imagen 25.	Sección con malla metálica	Pág. 44
Imagen 26.	Detalle sujeción de malla	Pág. 45
Imagen 27.	Sistema de fijación de malla Arquitectónica	Pág. 45

## 11. Bibliografía

- 1.- Ander-Egg, Ezequiel (1998). Introducción a las técnicas de investigación social. Buenos Aires: Editorial Lumen.
- 2.- Adelantado, José (2000). “El marco de análisis: Las relaciones complejas entre estructura social y políticas sociales”, Políticas sociales y desigualdades en España. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- 3.- Bifani, Paolo (1994). Medio ambiente y desarrollo. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- 4.- Calduch Cervera, Rafael (2008). Métodos y técnicas de investigación en Relaciones Internacionales. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- 5.- Cea d'ancona, maría ángeles (2001). Metodología cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social. Madrid: Editorial síntesis.
- 6.- Cohen, Miriam Alfie (2005). Democracia y desafío medioambiental en México: Riesgos, retos y opciones en la nueva era de la globalización. México: Editorial Pomares.
- 7.- Cortés, Manuel (2004). Generalidades sobre metodología de la investigación. Colección material didáctica. Campeche: Universidad Autónoma Del Carmen.
8. - Dryzek, John S. (1997). The Politics of the Earth: Environmental Discourses. Oxford: Oxford University Press.
- 9.- Foley, Gerald (1981). La cuestión energética; tr. por Luis Ángel Fernández. Barcelona: Ediciones del Serbal, S.A. 310 pp.
- 10.- Jourda, F.-H. (2009). Pequeño manual del proyecto sostenible. Madrid: Editorial Gustavo Gili.
- 11.- Leipert, C. (1986). Los costes sociales del crecimiento económico. De la economía ambiental a la economía ecológica. Barcelona: Editorial icaria. pp. (151-170)
- 12.- Sandoval Casilimas, Carlos (1996). Investigación cualitativa. Bogotá: Instituto colombiano para el fomento de la educación superior.
- 13.- Tetreault, Darcy (2004). Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable. Espiral, Vol. X, pp. 45-77
- 14.- Tetreault, Darcy (2008). Escuelas de pensamiento ecológico en las Ciencias Sociales. Estudios Sociales, pp. 228-263.



- 15.- Vasallo de Lopez María Immacolata (2003). La investigación de la comunicación: cuestiones epistemológicas, teóricas y metodológicas, Diálogos de la comunicación, Revista Académica de la Federación Latinoamericana de Facultades de Comunicación Social.
16. - Vargas Beal Xavier (2011). ¿Cómo hacer investigación cualitativa? Zapopan, Jalisco: Editorial Etxeta.
17. - Velázquez Ramírez, Juan Manuel (2014). Notas sobre la construcción del proyecto de investigación. Clase 10 de Febrero 2014. Guadalajara: ITESO.

## **12. Fuentes de consulta**

18. - (CONUEE 2013), Consultado en:  
<http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/8117/28/CONUEE EdificiosAgosto2013.pdf>
19. - (CONUEE 2010), Consultado en:  
<http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/inmuebles>
20. - (INECC, 2015), Cambio climático en México. Consultado en:  
<http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/comprendercc/qpodemoshacerparamitigar/comoindividuos.html>
21. - (INECC, 2010), Evaluación de la Sustentabilidad Ambiental en la Construcción y Administración de Edificios en México. Consultado en:  
<http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecov-dt-01-2010.pdf>
22. - (INECC, 2015), El Cambio Climático en México, Información por Estado y Sector, Jalisco. Consultado en:  
[http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_jalisco.html](http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_jalisco.html)
- 23.- (INEGI, 2015), producto interno bruto a precios corrientes, INEGI, México. Consultado en: [http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/notasinformativas/pib\\_preocr/NIPBCR.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/notasinformativas/pib_preocr/NIPBCR.pdf)
- 24.- (IPCC, 2007), Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. Consultado en: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- 25.- Scott, John (2013), Subsidios energéticos como porcentaje del PIB (2002-2012). Consultado en:  
<http://www.nexos.com.mx/?p=15332>

26.- (UNEP, 2011), Iniciativa para Edificios Sostenibles y Clima. Consultado en:  
[http://www.unep.org/sbci/pdfs/sbci\\_2pager\\_spanish\\_feb2011.pdf](http://www.unep.org/sbci/pdfs/sbci_2pager_spanish_feb2011.pdf)

27. - (UNEP SBCI, 2009), United Nations Environment Programme, Buildings and Climate Change Summary for Decision-Makers, Sustainable Buildings & Climate Initiative. Consultado en: <http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>

28.- (SMN.CONAGUA, 2015), Resúmenes Mensuales (consulta de tabla nacional por entidad federativa y mapas). Consultado en:  
[http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77)